

PANEN HUJAN DAN ALIRAN PERMUKAAN UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN LAHAN KERING, PENANGGULANGAN BANJIR DAN KEKERINGAN

[Rainfall-runoff harvesting for improving upland agriculture productivity
and controlling floods and droughts]

Gatot Irianto

*Centre for Soil and Agroclimate Research, Bogor
(Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat)
Jalan Jr. H. Juanda 98 Bogor 16123*

ABSTRACT

Rainfall and runoff harvesting study at the Kali Garang basin, Semarang under the cooperation program between Centre for Soil and Agroclimate, Agency of Agriculture Research and Development (CIRAD) France and Government of Central Jawa for improving soil productivity, controlling flood and drought are presented in this paper. The results show that through water harvesting it is possible to increase diversity, improving added value and decreasing agriculture risks of agriculture commodity. Moreover rehabilitation of degraded land and soil conservation practices can be promoted.

Kata kunci/ keywords: *Panen hujan/ Rainfall harvesting; panen aliran permukaan/ runoff harvesting; pertanian lahan kering/ upland agriculture; produktivitas/productivity; banjir/ floods; kekeringan/ drought.*

PENDAHULUAN

Curah hujan tahunan di Indonesia umumnya secara kuantitas cukup tinggi (1500-5000 mm/tahun), namun demikian sebagian besar distribusinya terjadi selama 3-6 bulan (Oktober-April). Terkonsentrasinya curah hujan yang tinggi pada waktu yang singkat pada awalnya akan menyebabkan tanah menjadi jenuh dan intersepsi tanaman meningkat pesat, sehingga begitu air hujan berikutnya datang sebagian besar air akan ditransfer menjadi aliran permukaan (runoff) dan hanya sebagian kecil (5-10%) saja yang disimpan di dalam tanah (Fink, *et al*, 1980; Irianto *et al*, 1997; Irianto, 1999). Akibatnya pada musim penghujan terjadi banjir di hilir daerah aliran sungai (DAS).

Rendahnya persentase air hujan yang dapat disimpan pada musim penghujan akan menyebabkan pada musim kemarau terjadi defisit air yang ditandai dengan terjadinya kekeringan. Banjir di Indonesia selain debit maksimumnya sangat tinggi dan waktu responnya (interval antara

hujan maksimum dengan debit maksimum) sangat singkat sehingga mempunyai daya kikis tanah dan daya angkut sedimen yang tinggi. Akibatnya lapisan olah tanahnya sebagian besar didominasi lapisan bawah tanah (*sub soil*) yang kurang subur, daya memegang air rendah, sehingga suplai air dan hara bagi pertumbuhan tanaman berada dalam kondisi marginal.

Dampak kekeringan sangat berpengaruh pada luas panen, produktivitas dan penurunan produksi lahan baik pada komoditas strategis (padi), komoditas penghasil devisa (kelapa sawit, karet dan cacao) maupun komoditas belanja devisa (buah-buahan, daging dan kedelai) (Departemen Pertanian, 1997; 1998; Karama dan Irianto, 1998). Hal ini ditandai dengan meningkatnya impor komoditas hortikultura sebesar 279.49% senilai US\$ 596.094.144, komoditas perkebunan primer 69.85% (US\$ 825.411.000) pada tahun 1997. Sedangkan komoditas strategis (padi) secara nasional mengalami rata-rata penurunan lebih dari 4% (Departemen Pertanian 1997; 1998). Lebih jauh dampak kekeringan terhadap produksi tanaman

hortikultura dilaporkan lebih besar dibandingkan dengan akibat kekurangan pupuk. Secara spesifik akibat kekeringan produksi rambutan mengalami penurunan lebih dari 60% (Komunikasi personal, 1998).

Rendahnya cadangan air tanah akibat tingginya aliran permukaan masih dibarengi dengan evapotranspirasi yang sangat tinggi pada musim kemarau, sehingga pada lahan kering produktivitas lahannya masih jauh dari yang diharapkan. Perez *et al.* (1997) melaporkan bahwa hilangnya air melalui evapotranspirasi dapat mencapai lebih dari 1/3 bagian dari volume total hujan. Apabila kondisi tersebut terus berlangsung, maka cadangan air semakin merosot, sehingga produktivitas lahan semakin merosot dan dapat mengganggu upaya meningkatkan produksi pertanian di masa mendatang (Irianto, 1999).

Untuk meningkatkan produktivitas lahan sekaligus mengurangi resiko terjadinya banjir dan kekeringan, maka sebagian volume air hujan dan aliran permukaan perlu dipanen dengan jalan menampung sebagian untuk (i) menurunkan volume aliran permukaan dan meningkatkan cadangan air tanah, (ii) meningkatkan ketersediaan air tanaman terutamanya di musim kemarau, dan (iii) mengurangi kecepatan aliran permukaan sehingga daya kikis dan daya angkutnya menurun (Rodriguez-Iturbe *et al.*, 1995; Irianto *et al.*, 1998; 1999). Ketersediaan hara yang rendah terutama fosfor akibat kekurangan air menurut Lynch *et al.* (1991) akan menghambat pertumbuhan tanaman, fotosintesa, penurunan berat biomas dan produksi tanaman. Peningkatan ketersediaan air melalui panen hujan dan aliran permukaan lebih jauh dapat mendorong pelapukan bahan organik dan kegiatan mikroba tanah dalam proses pembentukan struktur tanah. Hasil pemantauan selama lima tahun pada lahan kering bereaksi masam Tropudult, Lampung menunjukkan bahwa peningkatan ketersediaan air akan meningkatkan stabilitas agregat, infiltrasi dan

peningkatan ketersediaan hara bagi tanaman (Irianto dan Abdurachman, 1987).

Meskipun tanaman dapat beradaptasi terhadap kekeringan dengan menutup stomata (jagung), namun tanaman cenderung mengalami dehidrasi karena stomatanya relatif intensif dalam menurunkan potensial air daun (Fernandez and McCree, 1991). Akibatnya penurunan produksi tanaman tidak dapat dihindarkan lagi.

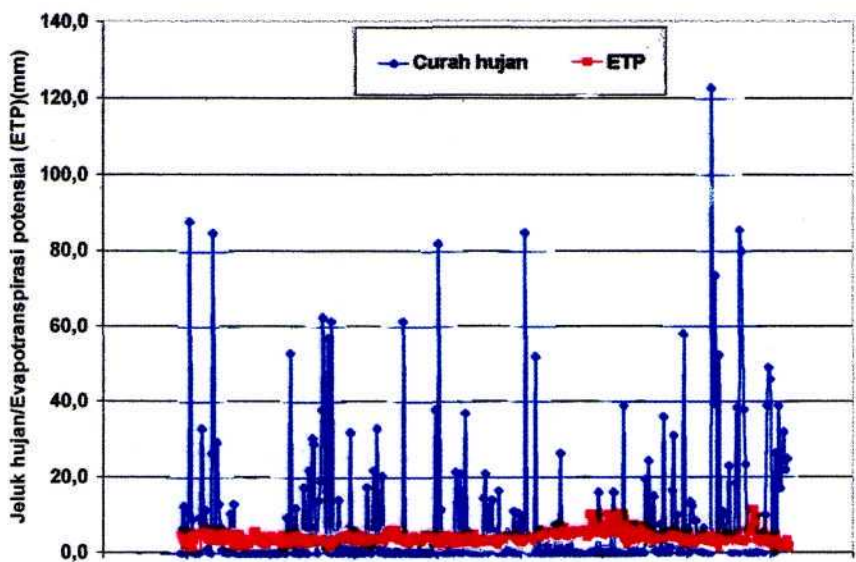
Sebaliknya meningkatnya ketersediaan air tanaman akan berpengaruh pada peningkatan ketersediaan hara bagi tanaman, jenis dan jumlah komoditas yang dapat diusahakan dan menurunnya resiko gagal panen akibat kekurangan air. Agar petani lebih tennotivasi, maka air yang ditampung digunakan untuk mengusahakan komoditas bernilai ekonomi tinggi seperti jahe, bawang merah, tomat, melon bahkan jika volumenya masih memungkinkan dapat digunakan untuk pengembangan tanaman buah-buahan seperti mangga, durian, rambutan, klengkeng dan sebagainya.

Penelitian bertujuan untuk (i) menghitung volume air hujan dan aliran permukaan yang dapat dipanen, (ii) meningkatkan produksi tanaman melalui pemanfaatan air hasil panen hujan dan aliran permukaan, dan (iii) mengantisipasi kekeringan pada musim kemarau dan kelebihan aliran permukaan (banjir) pada musim hujan.

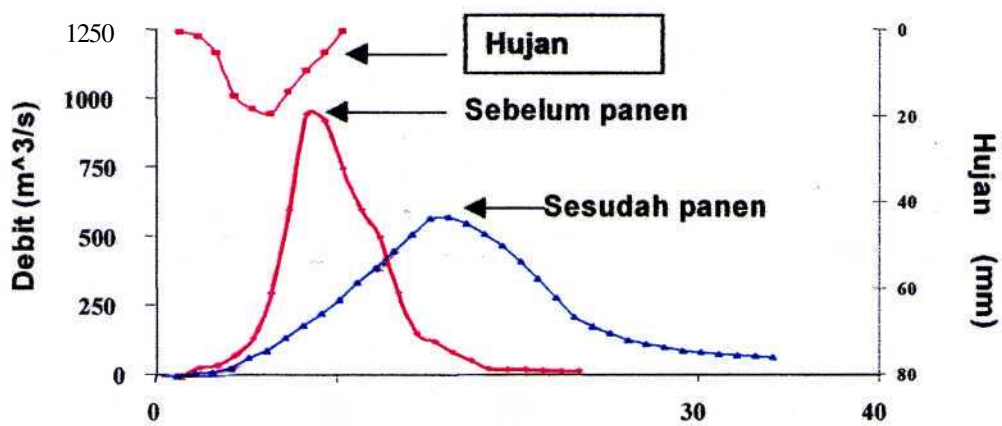
BAHAN DAN CARA

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Kali Garang, Semarang, Jawa Tengah tahun 1997-1998. Curah hujan tahunan 2500 mm/tahun di bagian hilir dan 4000 mm/tahun di bagian hulu yang terdistribusi antara bulan Oktober-April. Untuk menggambarkan kondisi dan distribusi lengas tanah di lokasi penelitian, maka berikut ini disajikan data curah hujan dan laju evapotranspirasi harian di lokasi penelitian, di sajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Curah hujan harian dan laju evapotranspirasi di lokasi penelitian



Gambar 2. Hidrografsintetik sebelum dan sesudah panen hujan dan aliran permukaan.

Pada Gambar 1, terlihat bahwa distribusi curah hujan harian sangat tidak merata. Ada periode dengan curah hujan tinggi yang ditandai terjadinya banjir dan periode tanpa hujan sama sekali (kekeringan). Untuk mengantisipasi ketimpangan dan sekaligus meningkatkan produksi pertanian, maka dilakukan panen hujan dan aliran permukaan.

Cara

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu (i) menentukan strategi global panen hujan-aliran permukaan di DAS secara grafis untuk menyajikan target akhirnya, (ii) perhitungan matematis panen hujan-aliran permukaan, dan (iii) pemanfaatan hasil panen hujan dan aliran permukaan untuk meningkatkan produksi pertanian.

Strategi global panen hujan-aliran permukaan

Untuk menurunkan debit puncak yang sangat tinggi dengan waktu respon DAS (interval antara saat hujan maksimum dan debit maksimum) yang singkat, maka perlu dilakukan panen hujan dan aliran permukaan. Representasi dari perubahan hidrograf sebelum dan sesudah dilakukan panen hujan dan aliran permukaan dikemukakan pada Gambar 2. Hidrograf total (*sebelum panen hujan-aliran permukaan*) pada gambar ini terlihat bahwa dengan hujan yang tinggi dan waktu yang singkat, maka secara alamiah DAS tidak akan mampu menampung seluruh air hujan. Hanya sebagian kecil saja (kurang dari 30%) air hujan yang dapat disimpan oleh DAS sebagai cadangan air tanah di musim kemarau. Hal itu ditandai dengan meningkatnya debit puncak secara tajam begitu hujan turun, dan menurun tajam pula begitu selesai hujan. Sebaliknya dengan introduksi panen hujan-aliran permukaan (sesudah panen), hidrograf totalnya lebih landai yang ditandai debit puncak meningkat secara perlahan, puncaknya lebih rendah, waktu respon (waktu antara hujan maksimum dan debit maksimum) dan waktu dasar (lamanya aliran permukaan) lebih lama disbanding-

kan sebelum panen hujan-aliran permukaan. Keunggulan strategi ini antara lain pengaruh panen hujan-aliran permukaan dapat diukur dan dibandingkan (sebelum dan sesudah panen hujan), sehingga dapat dihindari penilaian yang bersifat subyektif.

Perhitungan matematis panen hujan-aliran permukaan

Perhitungan matematis dari panen hujan aliran permukaan disajikan sebagai berikut:

(i) Apabila luas daerah tangkapan (S) dengan jeluk ($depth$) hujan (I), maka volume air hujan (V) untuk satu episode sama dengan:

$$V = S.h \quad (1)$$

(ii) Selanjutnya untuk kapasitas daerah tampung air hujan (Q , dengan laju evapotranspirasi (ETP) dan laju Infiltrasi (I), maka sisa air (R) yang dapat ditampung menjadi :

$$R = V - C - ETP - I \quad (2)$$

(iii) Untuk interval waktu At , maka volume air daerah tangkapan yang dapat ditampung sama dengan:

$$dR/dt = \{dV - dC - dETP - dI\}dt \quad (3)$$

Dengan mengetahui variasi volume air reservoir terhadap waktu (dR/dt) dan jenis serta kebutuhan air tanaman yang diusahakan, maka dapat dihitung luas daerah yang dapat diairi.

Pemanfaatan hasil panen hujan dan aliran permukaan

Untuk mengkaji pengaruh panen hujan dan aliran permukaan, maka air yang ditampung digunakan untuk mengusahakan komoditas: jagung, jahe dan cabe merah. Sebagai pembanding digunakan plot yang ditanami sesuai dengan kebiasaan petani. Untuk mendukung kajian pengaruh panen hujan dan aliran permukaan terhadap produksi tanaman, maka dilakukan analisis sifat fisika dan kimia tanah. Produksi tanaman jagung, cabe merah dan jahe digunakan

sebagai indikator hasil panen hujan dan aliran permukaan.

Pengaruh panen hujan terhadap tanaman tahunan belum dapat diamati pengaruhnya. Untuk mengilustrasikan perlunya panen hujan dan aliran permukaan, maka disajikan jumlah tanaman tahunan yang mati akibat kekeringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisika tanah

Sifat fisika tanah sangat besar peranannya terhadap ketersediaan air tanaman dan laju penyerapan hara tanaman. Tanah yang tererosi cenderung porositasnya dan daya simpan lengas tanahnya rendah, sehingga pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman akan terhambat. Data sifat fisika tanah di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

Hasil analisis sifat fisika dan kimia tanah di lokasi penelitian menunjukkan bahwa tanah telah mengalami degradasi baik sifat fisik maupun kimia tanahnya akibat (i) lereng yang terjal tanpa penutup tanah yang memadai, dan (ii) curah hujan yang tinggi, sehingga mempunyai daya kikis dan angkut sangat tinggi. Akibatnya tanah yang tersisa merupakan lapisan *subsoil* yang lebih padat, impermeabel dengan kapasitas menyimpan air yang rendah. Dengan sistem budidaya pertanian tradisional yang berbasis tanaman pangan tanpa penambahan bahan organik, maka tanah akan menjadi semakin miskin dan kurang produktif. Tersedianya air secara memadai dapat merangsang petani untuk memberikan pupuk kandang, sehingga proses rehabilitasi lahan terdegradasi dapat dipercepat.

Rendahnya kandungan bahan organik tanah dan pori air tersedia untuk seluruh lapisan tanah menunjukkan indikator terjadinya degradasi tanah. Terangkutnya lapisan atas tanah dengan kandungan bahan organik tinggi serta terjadinya penyumbatan pori-pori tanah akibat percikan air hujan menyebabkan laju aliran permukaan dan erosi terus meningkat dan degradasi sifat fisik tanah tidak dapat dihindarkan lagi (Suwardjo, 1981). Indikator lain terjadinya degradasi sifat fisik

Untuk melihat dampak panen hujan dan aliran permukaan, maka ditebar ikan pada embung dan diamati produksinya setelah panen. Diamati pula pengaruh curah hujan bulanan terhadap produksi lateks untuk memberikan gambaran tentang perlunya dilakukan panen hujan dan aliran permukaan pada tanaman keras.

tanah adalah rendahnya total pori drainase pada lapisan olah tanah dan meningkat pada jeluk (*depth*) yang lebih dalam.

Degradasi lahan pada lokasi penelitian ditinjau dari sifat kimia tanah terlihat dari rendahnya *pH* tanah, *Ca*, *Mg*, *KTK* dan *KB* pada lapisan olah tanah (20 cm) dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Meningkatnya ketersediaan air akibat panen hujan dan aliran permukaan, memungkinkan petani untuk menanam rumput bagi pengembangan komoditas ternak. Dengan demikian pengadaan bahan organik dapat dilakukan secara insitu tanpa harus mendatangkan dari luar. Strategi ini sangat penting dilakukan mengingat ternak mampu memberikan kontribusi yang tinggi terhadap pendapatan petani sekaligus mampu mensuplai bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah. Di lokasi penelitian, ternak mulai berkembang setelah air mulai tersedia pada musim kemarau. Tanpa adanya air yang memadai di musim kemarau, sangat kecil kemungkinan untuk mengembangkan ternak di lokasi penelitian. Bahkan menurut wawancara dengan petani setempat, sebagian besar petani terpaksa menjual sebagian ternaknya untuk membeli pakan ternak di musim kemarau. Peningkatan ketersediaan air melalui panen hujan dan aliran permukaan memungkinkan petani mengusahakan ternaknya dengan penyediaan pakan yang memadai di musim kemarau.

Potensi panen hujan dan aliran permukaan

Data pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa baru sekitar 5% dari total volume aliran permukaan yang dapat dipanen dengan pembuatan embung (Irianto *et al*, 1999). Dengan demikian masih terbuka peluang untuk meningkatkan upaya penampungan air hujan dan

aliran permukaan untuk budidaya pertanian. Hubungan antara volume hujan dan waktu disajikan pada Gambar 3.

Terlihat di sini bahwa sebagian besar curah hujan tinggi yang terjadi pada waktu yang berurutan, sebagian besar airnya ditransfer menjadi aliran permukaan (RO) dan didrainasi (DR), sehingga hanya sebagian kecil saja yang disimpan dalam tanah. Tingginya volume aliran permukaan ini menyebabkan cadangan air merosot tajam saat tidak ada hujan, sehingga tanaman lebih cepat mengalami cekaman air (water stress). Apabila kondisi tersebut berlangsung terus, maka di lokasi tersebut hanya jenis komoditas tertentu saja yang dapat dibudidayakan terutama yang tahan terhadap cekaman air.

Lebih jauh ilustrasi tersebut memberikan peluang bagi kita untuk memanfaatkan kelebihan air hujan yang belum tertampung oleh tanah untuk meningkatkan produktivitas tanaman bernilai ekonomi tinggi. Potensi tersebut perlu diperkenalkan dan dimasyarakatkan sehingga air tidak terbuang percuma dan menimbulkan bahaya banjir. Dengan panen hujan dan aliran permukaan, terbuka kesempatan untuk meningkatkan pendapatan petani.

Hubungan ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman

Untuk melihat pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, maka berikut ini akan dikaji 3 aspek, yaitu (i) nisbah tanaman yang hidup dan mati, (ii) pengaruh curah hujan terhadap produksi tanaman tahunan, dan (iii) usaha tani tanaman pangan dan hortikultura.

Nisbah tanaman yang hidup dan mati

Data pengamatan jumlah tanaman yang hidup dan mati dapat menggambarkan pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan tanaman. Komoditas durian dan rambutan dipilih sebagai indikator pengaruh kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura, karena selain bernilai ekonomi tinggi juga mempunyai pangsa

pasar yang baik. Lebih dari itu petani sudah terbiasa dengan komoditas tersebut, sehingga diharapkan sosialisasinya lebih mudah. Data pengamatan jumlah tanaman yang ditanam, hidup dan mati sebelum dilakukan penyiraman disajikan pada Tabel 3.

Tabel ini memperlihatkan bahwa tanpa adanya irigasi suplemeter, maka jumlah (persentasi) tanaman yang mati dapat bervariasi antara 60-98% untuk durian dan 26-82%. Tingginya angka kematian tanaman ini mengindikasikan bahwa betapa besar pengaruh ketersediaan air terutama pada musim kemarau terhadap pertumbuhan tanaman tahunan. Data pengaruh perlakuan irigasi tetes terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura untuk tahun 1999 belum dapat disajikan di sini karena pengaruh kekeringan sekarang sedang berlangsung. Gambaran di lapangan menunjukkan bahwa dengan suplai air yang teratur, maka tanaman akan lebih tahan terhadap kekeringan. Adanya irigasi tetes memungkinkan akar berkembang pada zone vertikal yang lembab. Perakaran yang kuat memungkinkan tanaman memompa air dan hara lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang perakarannya tidak berkembang akibat mengalami cekaman air (Vetterlein and Marschner, 1994).

Pengaruh curah hujan terhadap produksi tanaman tahunan

Untuk melihat pengaruh ketersediaan air di dalam tanah terhadap produksi tanaman tahunan, maka dicoba didekati melalui hubungan antara curah hujan dan produksi latek di lokasi penelitian (Gambar 4).

Pada Gambar 4 terlihat bahwa produksi latek sangat tergantung pada besarnya curah hujan harian. Bulan Juni sampai September 1997 saat terjadi El-Nino, produksi latek merosot tajam. Hal ini disebabkan karena lebih dari 95% produk latek berupa air, sehingga kalau pasokan air terganggu akan berdampak pada kemampuan tanaman karet menghasilkan latek. Data ini menyadarkan kita (terutama pemilik perkebunan) betapa pentingnya

ketersediaan air bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. Untuk mengurangi dampak kekeringan telah disarankan untuk membuat rorak dengan jalan menggali lubang antar barisan tanaman karet untuk menampung sebagian volume hujan dan aliran permukaan. Ukuran rorak dapat dibuat sebesar 3m (panjang) X 1 m (lebar) X 1 m (dalam). Selain menambah cadangan air tanah, rorak dapat dimanfaatkan sebagai tempat menampung sisa tanaman untuk mempercepat proses dekomposisinya. Dengan demikian asumsi bahwa tanaman berakar dalam kurang terpengaruh adanya cekaman air adalah tidak benar. Apalagi untuk tanaman yang menghasilkan getah dan buah. Terlihat sekali fungsi air untuk keperluan fisiologis tanaman pada kasus ini, sehingga ketersediaannya dalam hal jumlah, mutu dan waktu perlu diupayakan.

Usaha tani tanaman pangan dan hortikultura

Hortikultura di musim kemarau merupakan komoditas unggulan dengan nilai ekonomis tinggi. Kendala utama pengusahaan komoditas ini terutama menyangkut ketersediaan air pada fase-fase sensitif antara lain pembungaan, pembentukan umbi dan pembentukan buah. Hasil usaha tani tanaman pangan dan hortikultura disajikan pada Tabel 4.

Pengaruh panen hujan dan aliran permukaan terhadap produksi tanaman terlihat pada Tabel 4. Petani yang melakukan panen hujan dan aliran permukaan, komoditas yang diusahakan lebih berhasil dibandingkan dengan yang tidak melakukan. Ketersediaan air yang memadai akan mempercepat proses pelarutan dan distribusi hara dalam tanaman. Sebaliknya meskipun hara dalam tanahnya secara kuantitas memadai, namun tanpa ketersediaan air, maka akar tidak akan mampu menyerap dan mendistribusikannya ke seluruh bagian tanaman. Selanjutnya air berpengaruh terhadap percepatan dekomposisi bahan organik yang berfungsi sebagai semen dalam pembentukan struktur tanah (Emmersen, 1979). Struktur tanah yang baik, memungkinkan akar untuk tumbuh dan

berkembang, sehingga mampu berpenetrasi lebih dalam dan menjangkau sumber hara yang lebih luas dalam tanah.

Terjadinya defisit air pada lahan petani yang tidak melakukan panen hujan-aliran permukaan akan menyebabkan terjadinya cekaman air pada tanaman, sehingga terjadi gangguan dehidrasi yang mempengaruhi metabolisme kloroplast (Castonguay and Markhart III, 1991). Meskipun tanaman dapat melakukan adaptasi stomatik dan non-stomatik, namun hasil bersih fotosintesa tanaman akan berkurang, karena air menjadi faktor pembatasnya (Hudak and Petterson, 1991).

Adanya embung memungkinkan terjadinya aliran ke samping (seepage), sehingga tanah cenderung lebih lembab dan absorpsi hara berlangsung dengan baik (Manyowa, 1994). Lebih jauh dikatakan bahwa aliran ke samping menjadikan tanah bawah permukaan (*subsoil*) tetap basah meskipun kondisi permukaannya kelihatan kering. Keuntungannya, kehilangan air akibat evaporasi jauh lebih rendah dibandingkan dengan lahan permukaan yang basah. Prinsip ini sejalan dengan konsep irigasi tetes yaitu memberikan sejumlah air langsung pada bagian tanaman yang membutuhkan, bukan pada permukaan tanahnya.

Produksi Ikan

Perbandingan antara volume air embung dan produksi ikan di lokasi penelitian masih beragam, karena tingkat intensitas pengelolaan yang berbeda. Perbedaan itu sangat berkaitan dengan motivasi dan pengalaman petani dalam mengusahakan ikan. Produksi dan pendapatan dari usaha ikan di lokasi penelitian di sajikan pada Tabel 5.

Apabila harga ikan lele saat itu Rp 8. 000,- per kilogram, maka terjadi peningkatan pendapatan yang sangat besar dibandingkan dengan usaha tani tradisional tanaman semusim misalnya jagung yang hanya mencapai Rp 160.000 untuk luasan tanah kurang lebih 6000 m² seperti pada petani Rahmadi.

Peningkatan nilai tambah air hasil panen hujan dan aliran permukaan ini merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produksi pertanian sekaligus diversifikasi usaha tani. Keragaman populasi biologis ini sangat besar peranannya bagi kelestarian sumber daya alam dan lingkungan hidup. Lebih jauh usaha panen hujan dan aliran permukaan dapat meningkatkan apresiasi terhadap pengelolaan sumber daya air untuk kelangsungan hidup manusia (Serageldin, 1998).

Ada beberapa hal yang menarik dari upaya panen hujan dan aliran permukaan, yaitu (i) dibutuhkan investasi yang cukup tinggi, karena embung yang dibuat harus disemen (permanen) mengingat permeabilitas tanah di lokasi penelitian mencapai 15 mm/hari, (ii) perlu adanya kredit usaha tani agar kegiatan pembuatan embung dapat dilakukan oleh petani, (iii) terjadi diversifikasi usaha tani yang berarti memungkinkan terjadinya pembagian resiko pertanian apabila usaha tani yang dilakukan mengalami kegagalan panen, dan (iv) tersedianya air untuk irigasi tanaman hortikultura memungkinkan petani untuk mengurangi resiko kekeringan.

Terlihat ada variasi yang cukup besar dalam pemanfaatan air dari panen hujan dan aliran permukaan untuk pengembangan ikan. Petani yang lebih serius (Aris) mampu menghasilkan ikan yang cukup besar meskipun volume embungnya kecil (70 m^3). Sebaliknya petani yang belum maksimal dalam memanfaatkan air embung untuk perikanan (Yatno), hasilnya masih jauh dari yang diharapkan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa panen hujan dan aliran permukaan dapat berfungsi untuk menurunkan debit puncak memperpanjang waktu respon DAS, bahkan lebih jauh airnya dapat ditingkatkan nilai ekonominya dengan mengusahakan komoditas yang bernilai ekonomi tinggi.

KESIMPULAN

1. Panen hujan dan aliran permukaan dapat meningkatkan ketersediaan air, hara bagi tanaman, mendorong aktifitas fisiologis

tanaman, mengurangi resiko cekaman air serta mampu meningkatkan produksi tanaman dan produktivitas lahan.

2. Peningkatan ketersediaan air dalam tanah akan mendorong laju dekomposisi bahan organik dan pembentukan struktur tanah, sehingga penetrasi akar tanaman lebih dalam dan mampu memompa air dan hara lebih dalam dengan areal yang lebih luas yang diindikasikan dengan peningkatan produksi dan jenis tanaman yang dapat diusahakan.
3. Meskipun secara fisiologis tanaman mampu beradaptasi pada saat mengalami cekaman air baik secara stomatik maupun non-stomatik, namun laju fotosintesa nettonya berkurang, meskipun status hara dalam tanahnya memadai. Hal ini ditandai dengan penurunan produksi tanaman pada lahan yang tidak dilakukan panen hujan-aliran permukaan.
4. Kegiatan panen hujan dan aliran permukaan ini apabila dilakukan diseluruh permukaan DAS akan mampu menurunkan debit puncak, memperpanjang waktu respon sehingga dapat mengurangi resiko banjir dan sekaligus mengantisipasi kekeringan.

SARAN

Perlu dikaji lebih terinci pengaruh hasil panen hujan dan aliran permukaan terhadap perubahan keanekaragaman hayati (flora maupun fauna).

DAFTAR PUSTAKA

- Costonguay Y and AH Markhart m. 1991. Saturated Rates of Photosynthesis in Water-Stressed Leaves of Common Bean and Tepary Bean. *Crop Science* 31, 1605-1611.
- Departemen Pertanian. 1997. *Luas panen, Produksi dan Produktivitas Tanaman Pangan dan Palawija Tahun 1995-1997*. 104 hal. Tidak dipublikasikan.
- Departemen Pertanian. 1998. *Keragaan Pembangunan Pertanian. Laporan Bulanan, Oktober 1998*. Proyek

- Penyempurnaan dan Pengembangan Statistik Pertanian. Pusat Data Pertanian. 89 hal.
- Hudak CM and RP Patersson. 1991.** Vegetative Growth Analysis of Drought-Resistant Soybean Pain introduction. *Crop Science* 35, 464-471.
- Emmerson Y. 1979.** *Modification of Soil Structure*. John Willey and Sons, Now York. 491 p.
- Fink DH, GW, Frasier and KR, Cooley, 1980.** Water Harvesting by Wax-treated Soil Surface: Progress, Problems and Potential. *Agriculture Water Management* 3, 125-134.
- Fernandez CJ and KJ McCree. 1991.** Simulating Model for Studying Dynamics of Water Flow and Water Status in Plants. *Crop Science* 31 (2), 391-399.
- Fernandez CJ and KJ McCree. 1991.** Visualizing Differences in Plant Water Dynamics with a Simulation Model. *Crop Science* 31 (2), 399-404.
- Irianto G dan A Abdurachman. 1987.** Pemantauan Produktivitas Ultisol Setelah Pengolahan Tanah dan Pemberian Mulsa Jangka Panjang. *Pemberitaan Tanah dan Pupuk* 6, 12-18.
- Irianto G, H Sosiawan dan AS Karama. 1998.** *Strategi pembangunan pertanian lahan leering untuk mengantisipasi persaingan global*. Makalah utama Pertemuan pembahasan dan komunikasi hasil penelitian tanah dan agroklimat. 77-92p.
- Irianto G. 1999.** *Modelisation de la transformation pluie-debit et de l'influence de l'amenagement des terrasses sur les crues de mousson*. These de Docteur de L'ENSA de Rennes. 214 p.
- Irianto G, J Duchesne and P Perez. 1997.** H2U a transfer function model using fractal characteristics of the hydrographic network. In: Me Donald AD and Me Aleer, M (Eds), *Proceedings of MODSIM 97, Hobart, 8-11 December 1997*. 1, 470-478. MSSA Canberra, Australia.
- Irianto G, J Duchesne, F Forest, P Perez, C Cudennec, T Prasetyo and S Karama. 1999.** *Rainfall-runoff Harvesting for Controlling Erosion and Sustaining Upland Agriculture Development*. Paper presented in the International Soil Conservation Organisation Conference. Purdue University, Lafayette, USA. 17p.
- Karama dan Irianto, 1998.** Strategi panen hujan dan aliran permukaan untuk memantapkan produksi pertanian. *Prosiding Peragi Menghadapi Tantangan Tahun 2020*, 237-244.
- Lynch J, A Lauchli and E Epstein. 1991.** Vegetatif Growth of the Common Bean in Response to Phosphorus Nutrition. *Crop Science* 31, 380-387.
- Manyowa NM. 1994.** Maize production in Zimbabwe: Coping with drought stress in the marginal agroecological zones. In: *Bilan Hidyrique Agricole et Secheresse en Afrique Tropicale*. FN Reyniers and L Netoyo (Eds), 181-190p.
- Perez P, I Sumarjo Gatot and T Prasetyo. 1997.** *Kali Garang Pilot Project, Research Highlights*. CIRAD and CSAR, Bogor, 21pp.
- Perez P, G Irianto dan T Prasetyo. 1999.** Karakterisasi dan analisis Biofisik wilayah rawan banjir dan kekeringan. *Laporan Akhir*. 109 hal.
- Rodriguez-Iturbe I, GK Vogel, R Rigon. D Entekhabi, F Castelli and A Rinaldo. 1995.** On the Spatial Organisation of Soil Moisture Fields. *Geophysical Research Letters* 20 (20), 2757-2760.
- Serageldin I. 1998.** Managing Water Resources Sustainable: Challanges and solutions for the new millenium. *Eau et Developpement Durable* 2, 11-13.
- Suwardjo. 1981.** Peranan Sisa-Sisa Tanaman Dalam Usaha Tani Konservasi Tanaman Semusim. *Disertasi SPSIPB*. 351 hal.
- Vetterlein D and H Marschner. 1994.** Interaction Between Water and Nutrient Supply Under Semi-Arid Conditions. In: *Bilan Hidyrique Agricole et Secheresse en Afrique Tropicale*. FN Reyniers and L Netoyo (Eds), 103-112.

Tabel 1. Sifat fisika tanah di lokasi penelitian DAS Kali Garang, Semarang

Simbol	Jeluk(cm)	Bahan organik (%C)	Berat isi (gr/cm ³)	Total pori drainase (% vol)	<i>Ptitni</i> >se(%)		Pori air tersedia (%vol)
					<i>O</i>		
					<i>Cepat</i> F2.54	<i>Lambat</i> pF4.2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			(8H6H7)
PS1	0-20	0.40	1.23	53.60	39.9	27.5	12.4
PS2	20-40	0.51	1.17	55.80	43.3	30.7	12.6
PS3	40-60	0.47	1.10	58.50	46.5	30.7	15.8
PS4	60-80	0.42	1.07	59.60	46.4	30.4	16.0
PS5	80-100	0.39	1.11	58.10	46.4	29.9	16.5

Tabel 2. Sifat kimia tanah di lokasi penelitian DAS Kali Garang, Semarang

Simbol	Jeluk (cm)	PH H ₂ O	N mg/100 gr	P2O5 mg/100 gr	Kapasitas Tukar Kation (KTK) (NH4-Acetat, pH7)						
					Ca	Mg	K	Na	Total	KTK	KB
					mg/100gr.~ (%)						
PS1	0-20	3.8	0.13	78	1.97	0.48	0.20	0.04	2.69	7.34	37
PS2	20-40	4.2	0.07	73	3.18	0.83	0.17	0.03	4.21	7.37	57
PS3	40-60	4.3	0.08	70	4.68	1.03	0.08	0.06	5.85	7.53	70
PS4	60-80	4.6	0.06	61	4.14	0.76	0.06	0.06	5.02	7.31	69
PS5	80-100	4.7	0.06	56	4.37	0.84	0.04	0.04	5.40	7.82	69

Tabel 3. Jumlah tanaman yang hidup dan mati di ketiga lokasi penelitian sebelum dilakukan penyiraman dengan ingasi tetes.

No	Desa	Jenis tanaman			
		Duriaii		Rambntan	
		Tanam	Mati	Tanam	Mati
1	Keji	230	105	25	11
2	Nyatnyono	15	8	35	9
3	Kliris	200	186	200	164

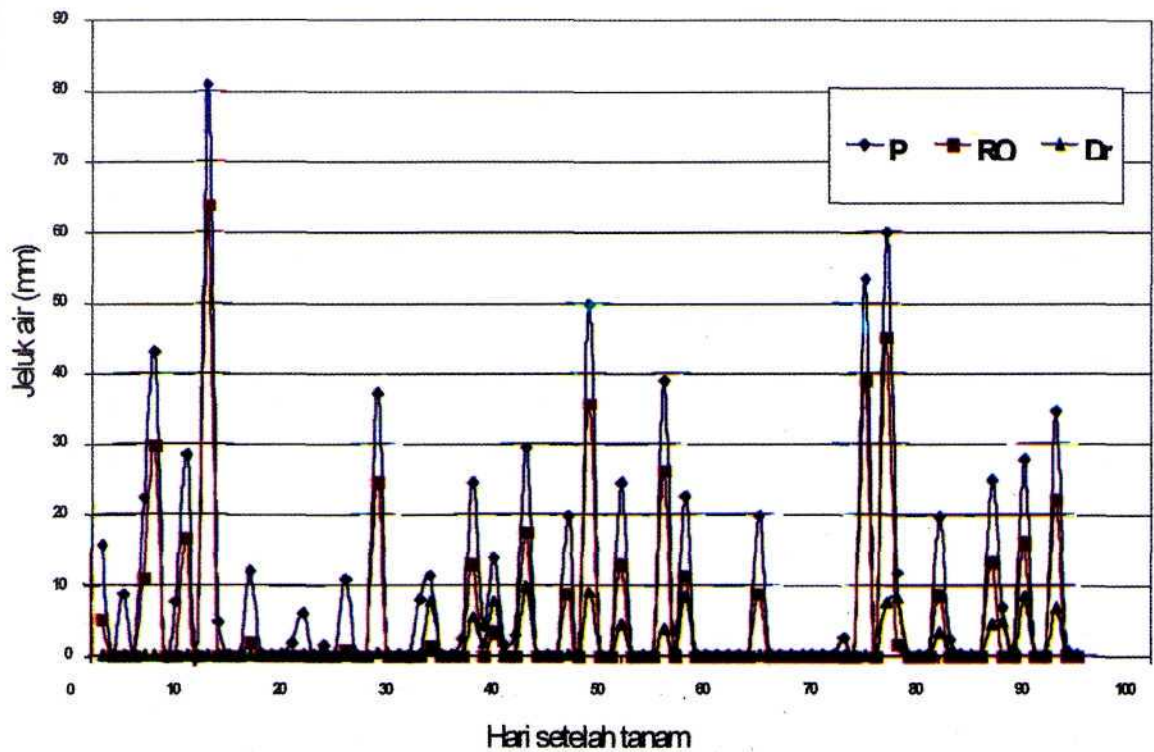
Tabel 4. Perbandingan antara model usaha tani berorientasi tanaman pangan dengan yang berwawasan agribisnis.

Naina petaiiii	Luas lahan (in ²)	Hasftanainan (Kg)			
		Jagung	Cabe nierah	Caberawit	Jahe
Gatoet (dengan panen hujan)	12000	202	113	5	311
Rahmadi (tanpa panen hujan)	6000	320	-	5	42

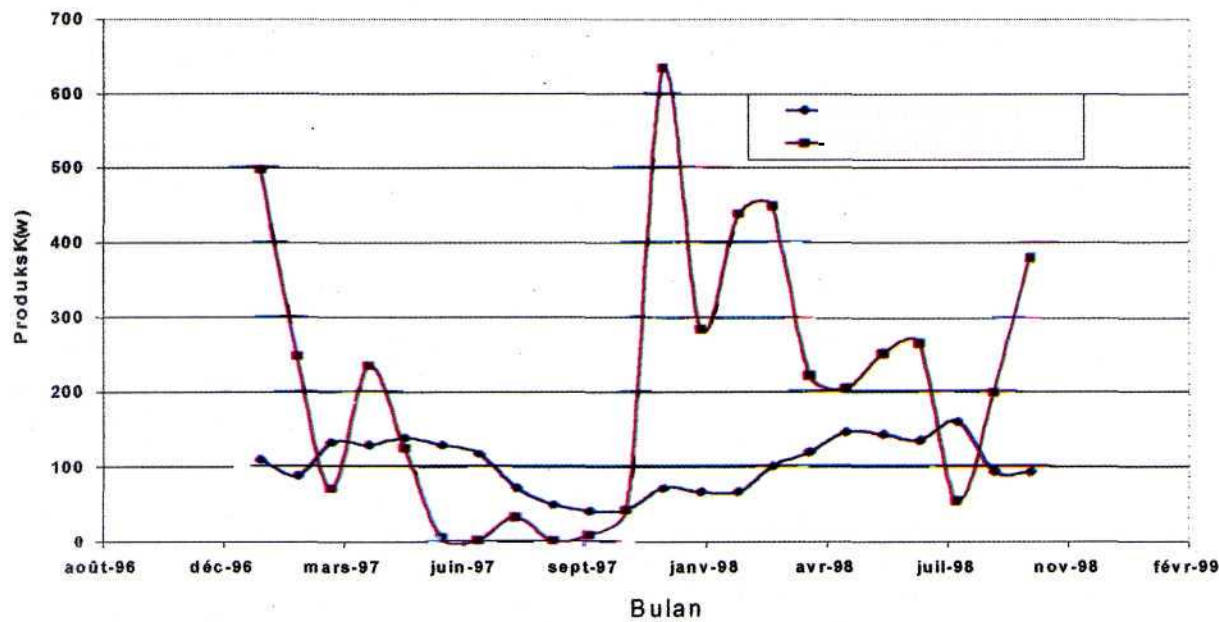
Keterangan: - tidak diusahakan.

Tabel 5. Produksi dan harga panen ikan di lokasi penelitian DAS Kali Garang, Semarang

Nama pctani	Volume air embung (m ³)	Jumlah populasi ikan	Berat(kg)	Harga (Rp)
Gatoet	200	2000	150.56	1. 204. 480,-
Aris	70	200	96.8	774*400,-
Yatno	70	200	32.7	261.600,-



Gambar 3. Grafik hubungan antara jelut hujan (P), aliran permukaan (RO) dan drainase (Dr) dengan hari setelah tanam di lokasi penelitian DAS Kali Garang, Semarang



Gambar 4. Hubungan antara curah hujan harian dengan produksi lateks di perkebunan Sidorejo, DAS Kali Garang, Semarang.